

手机人工智能 技术与应用白皮书 (2019 年)

中国信息通信研究院
中国人工智能产业发展联盟
2019年6月

版权声明

本白皮书版权属于中国信息通信研究院和中国人工智能产业发展联盟，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院和中国人工智能产业发展联盟”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

前 言

随着手机从功能机向智能机的演变逐渐完成，移动互联网与智能手机的创新动力减弱，产业进入了有限创新、有限增长的成熟阶段，已成型的巨大产能迫切寻觅新的增长点；人工智能是一种引发诸多领域产生颠覆性变革的前沿技术，在视觉、语音、自然语言等应用领域迅速发展，并逐渐向终端延伸。2018年起，各主流终端厂商的旗舰机型均引入人工智能元素，通过触屏、摄像头、语音等多种方式，更直接地满足用户需求，改变其生活方式。人工智能对移动智能终端行业的赋能，或成为引发手机产业下一轮技术和创新变革的源动力。国内外巨头也纷纷看好其融合创新空间广阔，已争相发力，加快产业布局。

中国信通院以2019版白皮书为载体，系统探讨AI在手机上的技术融合与实际应用情况，对产业链的影响，面临的问题挑战，相应解决方案以及对未来发展趋势的展望，向产业界分享已知，共同推动我国人工智能和手机融合技术产业迈向新高度。

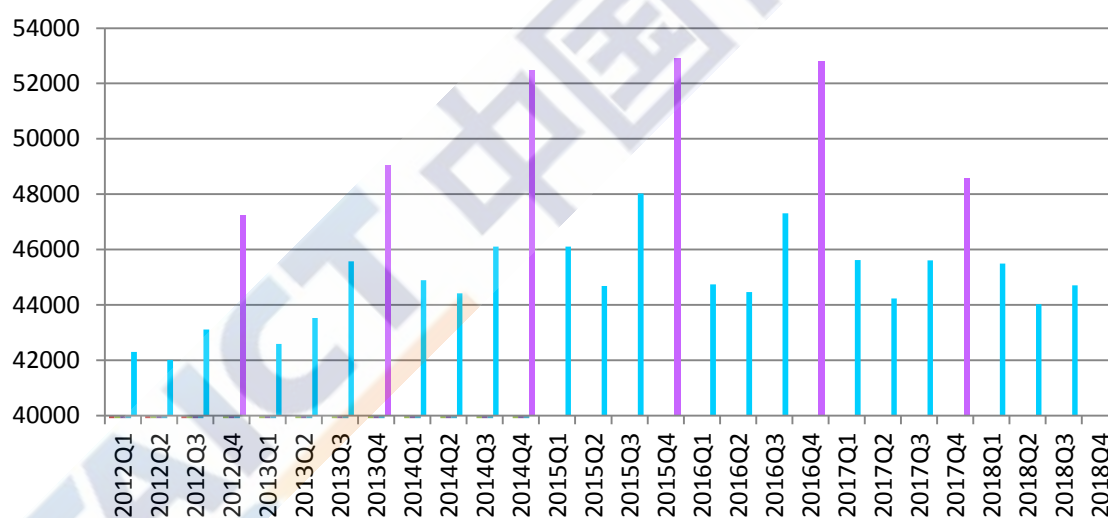
目 录

| | | |
|-----|----------------------------------|----|
| 一、 | 智能手机产业发展基本态势..... | 1 |
| (一) | 智能手机市场趋于饱和 | 1 |
| (二) | AI 技术趋于实用化，从云侧向端侧延伸..... | 4 |
| (三) | AI 与手机融合创新空间广阔，手机企业加快布局..... | 5 |
| (四) | 明确 AI 手机定义，将促进产业生态良性发展 | 6 |
| 二、 | AI 在智能手机中的应用趋势 | 7 |
| (一) | 端侧异构芯片加速升级，支撑 AI 专用算力需求 | 7 |
| (二) | 智能化传感器件逐步成熟，推动感知交互技术创新 | 10 |
| (三) | 端侧 AI 框架和算法迭代创新，提供应用加速能力 | 11 |
| (四) | 5G 网络技术逐步走向商用，极大拓展 AI 应用场景..... | 15 |
| (五) | AI 丰富智能手机应用场景，极大繁荣应用生态..... | 17 |
| 三、 | AI 对全球智能手机产业链的影响 | 18 |
| (一) | 手机芯片产业 | 19 |
| (二) | 关键元器件产业 | 20 |
| (三) | 手机软件产业 | 22 |
| 四、 | 我国智能手机 AI 技术与应用发展情况..... | 24 |
| (一) | 我国终端产业对 AI 技术的应用已较为成熟 | 24 |
| (二) | 手机厂商加快 AI 技术布局 | 25 |
| (三) | 算法企业深化手机场景能力 | 26 |
| 五、 | 面临的问题与挑战..... | 26 |
| (一) | 底层技术创新和生态建设布局有所不足 | 27 |
| (二) | 手机智能化能力标准与规范尚需完善 | 27 |
| (三) | 手机与 AI 的结合带来安全与监管新挑战 | 28 |
| 六、 | 未来发展与展望..... | 30 |
| (一) | AI 芯片开始从高端向中低端普及..... | 30 |
| (二) | 算力、通信等基础能力提升，打造 AI 终端生态体系 | 30 |
| (三) | AI 终端多领域融合，向垂直行业渗透..... | 31 |
| (四) | 软件框架降低使用者技术门槛，扩展 AI 终端创新群体 | 31 |

一、智能手机产业发展基本态势

（一）智能手机市场趋于饱和

从市场规模来看，智能手机市场进入滞涨期。据 IDC 统计数据显示，全球智能手机出货量在 2015 年达到峰值，之后出现放缓趋势。2017 年全球智能手机出货量同比下滑 0.1%，2018 年前三季度出货量达到 10.3 亿部，较 2017 年下滑 2.9%。从国内市场来看，由于 4G 市场趋于饱和，5G、AI 等新技术尚未成熟，新的市场需求刺激不足导致换机周期拉长，我国智能手机出货量连续六个月负增长，市场呈现加速下滑态势。

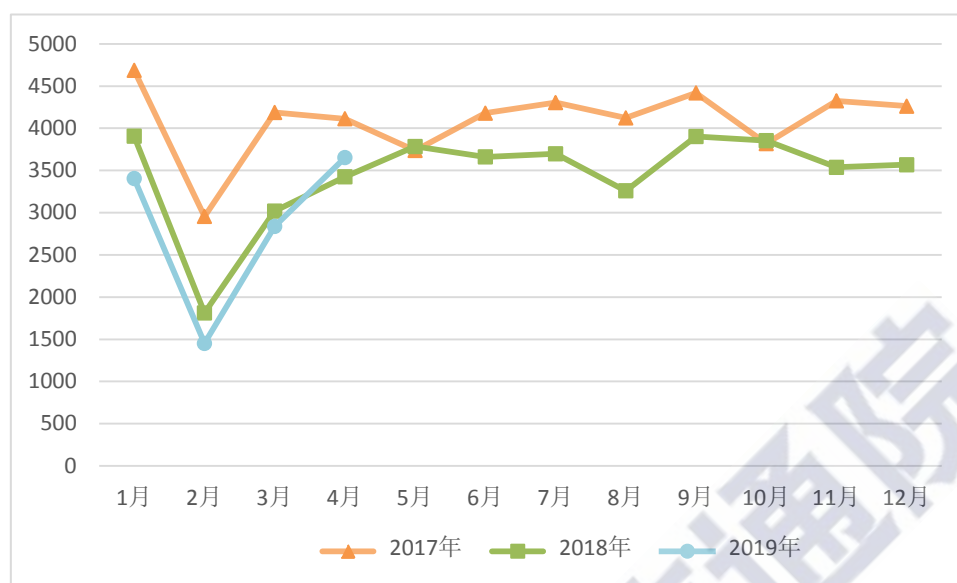


数据来源：IDC 统计数据

图 1 2012-2018 年全球智能手机市场出货量统计

据中国信通院数据统计，2019 年第一季度国内智能手机出货量总和达到 7693 万台，较 2018 年同比大幅下滑 11.9%，下滑趋势较全球市场更为明显。Digitimes Research 的数据显示，2019 年第一季度中国手机制造商的智能手机出货量季度环比下降 30.5%，同比下降 5.8%，至 1.4 亿台。而 Canalys 的一项研究估计，中国智能手机市场

第一季度同比萎缩 3%。



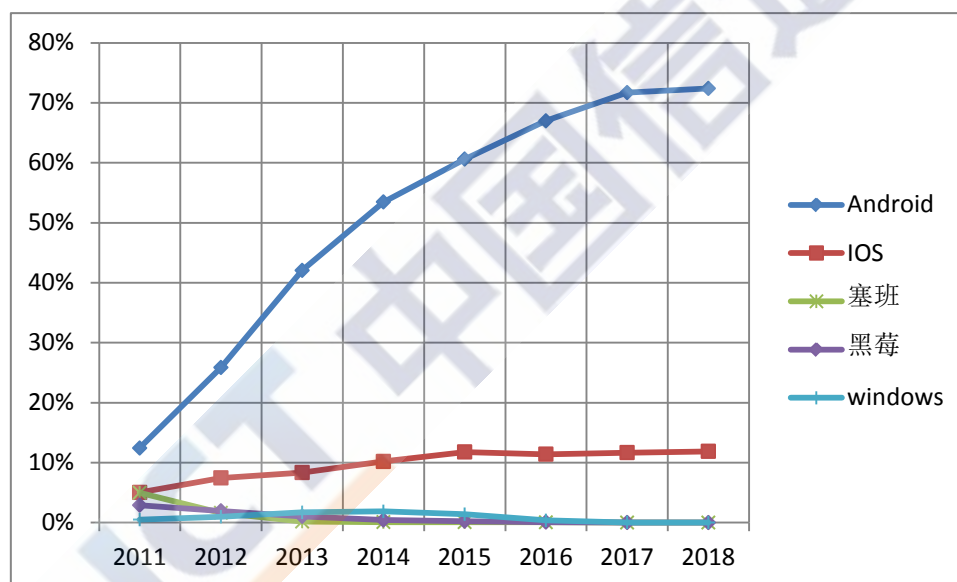
数据来源：中国信息通信研究院统计数据

图 2 2017-2019 年国内智能手机出货量统计

从技术架构来看，智能手机硬件技术处于微创新阶段。据企鹅智库发布的调研报告，自 2017 年起，用户的换机频率明显下降：从未用过 iPhone 的安卓用户中，至少一年一换的用户比从 34.7% 下降到了 23.5%；iPhone 用户每年换机占比则下降至 16%。造成这一现象的主要原因在于 4G 浪潮褪去，智能手机创新势头放缓，性能提升主要围绕硬件规格的升级。纵观 2017 年至 2018 年，智能手机创新依旧主要围绕双 4G、全面屏、FaceID、无线充电等既有技术，双 4G 技术仅针对有双卡需求的部分用户；无线充电技术还在发展过程中，存在充电速度较慢、发热严重、标准不统一等问题；全面屏技术经过多年发展，屏占比已超过 90% 关口，继续提升的空间十分有限；而人脸识别技术用户体验褒贬不一，甚至受到部分用户的抵制。不难看出，近两年智能手机在总体技术发展上依旧延续现有构架，缺乏颠覆性创新技术或设计，创新点主要用于提升用户感受以及使用方便度，难以对消

费者换机形成真正的强驱动力。

从操作系统来看，寡头垄断市场格局已经确定。全球智能手机操作系统市场垄断态势明显，其中安卓占据 86% 的市场份额，iOS 占据 14%，其余操作系统的市场份额基本为零。纵观 2011 到 2018 年，随着手机产业从功能机到智能机的时代转型，Android 凭借其开源优势，iOS 凭借极致的用户体验，逐步打造了开放和封闭两种截然不同的生态模式，瓜分了手机操作系统的市场。随着智能机市场进入成熟稳定发展期，操作系统双寡头局面形成并稳固。

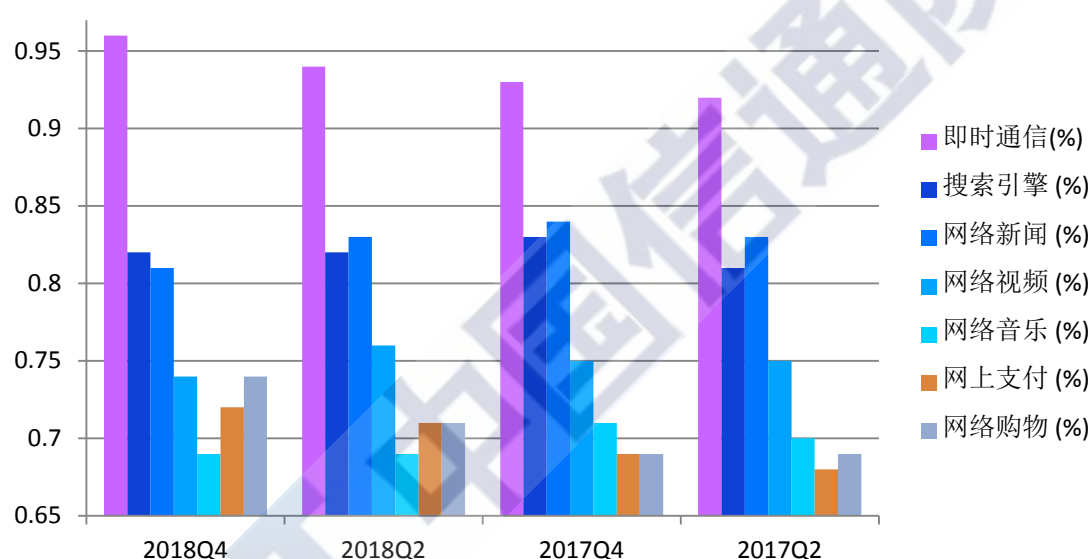


数据来源：IDC 统计数据

图 2 2011 至 2018 年几种主流操作系统占比变化

从应用程序来看，数量持续增长，应用场景、应用模式固化。随着智能手机的逐渐普及，其智能化的核心载体移动应用软件（下文简称 app）呈现井喷式的增长，对人们的社会生活方式和经济生产方式产生了深刻的影响，成为推动整个社会变革的重要抓手。例如 Whatsapp、微信等即时通信类 app，基本代替了手机原本的运营商短信甚至语音业务，成为智能手机必备的基本功能之一。然而，据

Gartner 数据的不完全统计显示，即时通信、搜索引擎和网络视频几类应用分别占据了 90%、80%和 70%以上的使用率，表明移动应用改变人们生活习惯的爆炸式突破后，其新增数量虽然持续上涨，但应用种类和每种类别的头部应用却相对持平，用户对移动应用的使用情况基本稳定在几种特定的应用上，应用的使用模式和使用场景也相对固化，缺少突破。



数据来源：IDC 统计数据

图 3 移动互联网用户 app 使用情况

（二）AI 技术趋于实用化，从云侧向端侧延伸

人工智能与行业领域深度融合。当前 AI 应用百花齐放，产业化发展由人工智能本身转为人工智能驱动，AI 融合赋能成为趋势。当前 AI 主要与安防、金融、交通、教育、医疗等领域相融合，利用深度学习、语音识别、人脸识别、机器视觉、逻辑推理等人工智能领域关键技术，支撑各行业的快速发展，为互联网创新提速注入能量。

人工智能技术端云一体态势初现。传统而言，很多对神经网络的

训练和推理都是在云端或者基于服务器完成。随着移动处理器性能不断提升，连接技术不断演进所带来的完整可靠性，很多人工智能推理工作，如模式匹配、建模检测、分类、识别、检测等逐渐从云端转移到了手机侧，其主要原因可归结为以下三点。

一是用户使用场景所需。2018年是人工智能大众化应用的开始，而移动手机作为当前互联网服务的主要入口，对人工智能功能需求也越来越迫切，虚拟助手、图片处理、图像识别、人脸解锁等应用成为主流。二是提升用户体验所需。手机侧人工智能的关键优势包括即时响应、可靠性提升，此外，还能确保在没有网络连接的情况下用户的人工智能体验能得到保障。三是数据隐私保护所需。个人数据隐私问题将成为人工智能领域除了技术、应用之外的一大热点。

尽管在这场迁徙中还面临着异构解决方案的融合、硬件开发成本、手机算力瓶颈等问题，但人工智能从云到端的演变已经在路上，未来人工智能算力将是端侧、边缘侧和云端的协同发展。

（三）AI 与手机融合创新空间广阔，手机企业加快布局

AI 应用范围不断扩大，极大提升使用体验。一是图像领域，其应用场景聚焦于场景识别、美颜、相册分类、背景虚化、暗光增强、人脸识别和文字识别。二是语音领域，包括智能助手、语音翻译、语音搜索等。其中，智能助手是目前使用最为广泛的功能，其语音识别能力更让人机交互体验达到了前所未有的便捷。三是系统软件领域，终端从系统层面进行自适应优化，应用场景为内部资源智能感知分配和用户/应用行为预测，用于提升系统流畅度、降低资源消耗（如节

电)、解决安卓手机卡顿等。四是虚拟/增强现实 (VR/AR) 类领域, 虚拟现实的沉浸式体验给用户带来了全新的使用感受, 而增强现实本身就是一种对周围环境的智能化感知, AI+5G+AR/VR 模式将突破传统应用壁垒, 成为 AI 在终端应用的一大亮点。

领先智能手机企业向 AI 战略转型。一是软硬件齐推进: 华为在 2018 全联接大会上首发 AI 战略, 从轮值董事长徐直军的话语不难发现, 华为已经 ALL in AI; vivo 于 2018 年 7 月宣布成立 AI 全球研究院, 希望打造人工智能软硬件平台, 推动手机平台完成从“智能”到“智慧”转型。二是手机+智能硬件的产品生态链转型模式: 2018 年 9 月上海世界人工智能大会上, 小米集团董事长兼首席执行官雷军表示, 要把人工智能作为小米最重要的战略。三是科研专利转型路线: OPPO 早在 2016 年就已经开始投入研发, 建立了先进的训练集群和数据中心, 并积累了超过 300 项人工智能专利。从这些领先的手机企业争相向 AI 转型的动作不难看出, 人工智能将是手机产业的下一个风口浪尖。

(四) 明确 AI 手机定义, 将促进产业生态良性发展

目前智能手机市场, 颠覆性创新短期内难以形成突破, 同质化竞争是一个大的态势。产业链厂家着力寻求新的增长点, 随着人工智能成为热点, 智能手机厂家纷纷推出“AI 手机”。但何谓“AI 手机”, 国内外产业界尚未形成统一的共识, 也缺乏统一的评测规范。定义和边界的模糊造成了消费者的困惑, 很多宣称的“AI 手机”并不能达到和满足用户的心理期待和使用需求。因此, 对“AI 手机”进行规

范和界定，对引导和规范市场行为、促进产业生态良性发展是十分重要且必要的。

本白皮书编写组认为，AI 手机是具有系统结构 AI 化，业务应用 AI 化的智能手机。其具体特征可描述为：从系统架构上来看，AI 手机应同时满足在硬件层具备 AI 加速单元，软件层支持专用机器学习框架，交互层支持摄像头、传感器、触屏、语音等多种感知方式；且从业务功能和应用场景来看，AI 手机应搭载基于计算机视觉、自然语言处理等技术的应用，能通过收集和分析各类交互信息、感知用户使用习惯来优化系统资源配置、经云侧或端侧进行学习处理，提升使用效率、降低系统功耗，同时能够结合场景的数据分析和用户行为感知，为用户提供更“智慧化”和个性化的服务。

二、AI 在智能手机中的应用趋势

（一）端侧异构芯片加速升级，支撑 AI 专用计算力需求

AI 芯片也被称为 AI 处理器，即专门用于处理人工智能应用中涉及的各类算法的加速计算模块（其他非加速计算任务仍由 CPU 负责）。AI 芯片算力的高速发展，是工业场景和自动驾驶等高实时性 AI 应用的有力保障。同时，芯片在算力和功耗之间的兼顾和优化，将是端侧手机 AI 芯片未来发展的重要主题。

通用芯片奠定 AI 算力基础。提供 AI 算力的通用型芯片主要包含 CPU、GPU 和 FPGA 三种，这三种芯片在传统上分别擅长复杂串行计算、图像处理和可重构电路。在 AI 计算领域，依据不同芯片结构，这几种芯片各有其优缺点。就目前来说，特别在 AI 训练领域，以 GPU 为

代表的传统通用芯片仍是业界 AI 算力的中流砥柱。

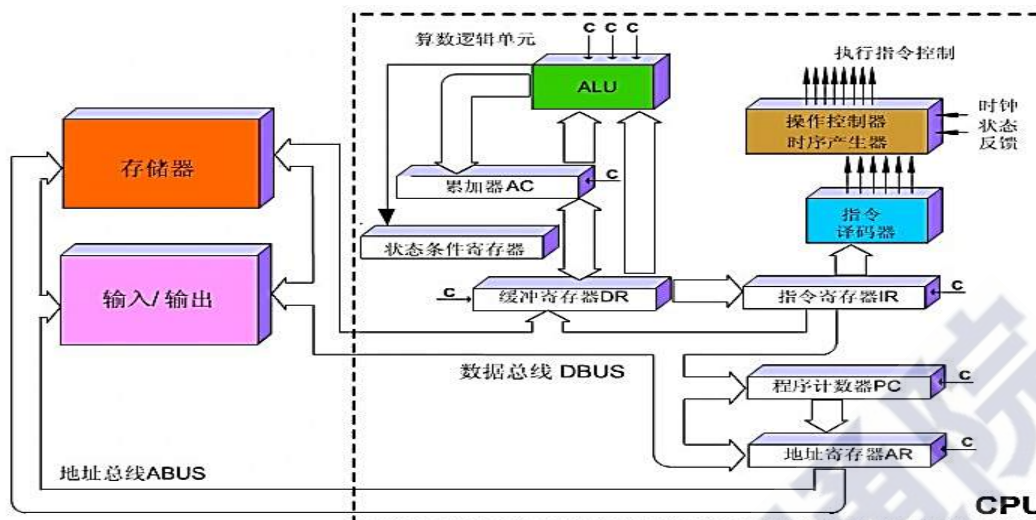


图 4 CPU 组成架构示意图

下表对比了 CPU、GPU 和 FPGA 这三种主要通用 AI 芯片的性能特点、适用场景和能耗。通过下表可以看出，GPU 是在智能手机终端上最适合进行 AI 计算的通用芯片类型。事实上，目前主流高端手机处理器的内嵌 GPU 性能都十分强大，执行少量 AI 计算无论是在性能上还是在能效上都是可以接受的。

表 1 通用 AI 芯片间的横向对比

| 芯片类型 | 性能特点 |
|------|--|
| CPU | <ul style="list-style-type: none"> ● 优点：可处理复杂串行计算和大量逻辑操作 ● 缺点：AI 计算性能一般 |
| GPU | <ul style="list-style-type: none"> ● 优点：擅长并行线性运算，提供数千个计算核和大量高速内存，单元控制逻辑更简单 ● 缺点：执行复杂串行计算效率低，成本（功耗）也较高 |
| FPGA | <ul style="list-style-type: none"> ● 优点：可在电路级重复编程，和 CPU/GPU 相比，计算效率高，门电路直接操作，无指令 ● 缺点：受设计资源和内存接口限制，峰值性能远低于 GPU |

专用芯片提升端侧 AI 性能。一般来说，AI 专用芯片指的是 ASIC（Application Specific Integrated Circuit），即专用集成电路，相对 GPU 能提供更好的能耗效率并实现更低的延时。ASIC 需要大量研发投入，且芯片功能流片生产后无法更改，量产数目小或市场方向改变，前期投入都将无法回收，具有较大市场风险；但 ASIC 作为专用芯片性能高于 FPGA，依靠特定优化和效能优势，在成本和能效要求极高的手机终端上大行其道。

随着 AI 应用的爆发，越来越多的 AI 应用开始在端侧设备上开发和部署。一般终端设备主要执行推断，要求具备足够的推断能力。除了计算性能要求之外，功耗和成本也对在终端工作的 AI 芯片起到重要约束作用。智能手机作为目前应用较广泛的终端计算设备，苹果、华为等手机芯片厂商纷纷推出或研发适应手机 AI 应用的 ASIC 芯片。

软硬件协同定义突破性的下一代 AI 芯片技术。采用可重构计算技术，允许硬件架构和功能随软件变化而变化，具备传统处理器的灵活性和 AI 专用芯片的高性能和低功耗。通过计算阵列重构、存储带宽重构和数据位宽重构三个层面的可重构计算技术来实现“软件定义芯片”，有效提高 AI 芯片自身动态配置能力，实现软硬件协同设计，为 AI 芯片带来了很高的灵活度和适用范围。

目前，大多数手机 AI 芯片厂商采用软硬异构技术方案作为产品技术架构。高通采用 NPE（Neural Processing Engine）软件框架和 Hexagon 神经网络库为接口，调动处理器中已有的 CPU、GPU 和 DSP 处理器模块，实现面向人工智能任务的异构计算，能够运行通过

Caffe/Caffe2 或者 Tensorflow 训练的一个或多个神经网络模型；华为通过 HiAI 异构计算平台来加速神经网络计算，快速转化和迁移已有模型，借助异构调度和 NPU 加速过得最佳性能，目前可以支持 Kirin970, Kirin980 等芯片；联发科的 NeuroPilot 将 CPU, GPU 和 APU（AI 处理单元）等异构运算功能内建到 SoC 中，为人工智能应用提供了所需的性能和功效，支持 TensorFlow, TF Lite, Caffe, Caffe2 Amazon MXNet, Sony NNabla 或其他自定义的第三方通用架构。

（二） 智能化传感器件逐步成熟，推动感知交互技术创新

以 3D 摄像头为代表的新型光学传感器件崭露头角。随着用户对于智能手机图像识别精度和准确度等的需求不断增加，3D 图像传感器开始逐步应用于智能手机。3D 图像传感器通过 3D 成像技术，能够识别视野内空间每个点位的三维坐标信息，从而得到空间的 3D 数据，复原完整的三维世界并实现智能三维定位。目前智能手机主流的 3D 成像技术有结构光、飞行时间和双目测距三种。

结构光（Structure Light）方法是将具有特殊结构的光束投射到物体表面，由摄像头采集后，根据光信号的变化计算物体的位置和深度信息，进而复原整个三维空间。飞行时间（TOF, Time Of Flight）方法通过专用传感器，捕捉近红外光从发射到接收的飞行时间，判断物体距离。双目测距（Stereo System）方法是从两个视点观察同一景物，通过三角测量原理计算图像像素间的位置偏差（视差）来获取景物的三维信息。

借助人脸识别，3D 传感将成为手机零部件的发展热点。目前市面上大部分手机还属于 2D 识别，即通过前置摄像头读取脸部图片，再利用软件进行对比，实现难度和成本较低，但在光线较差的场景下无法识别解锁；3D 传感摄像头除使用摄像头外，还配备结构光发射端、结构光接收端或时差测距/距离传感器，可一定程度进行活体判断，防止被攻击破解。目前，苹果、华为、oppo 等发布的新机型开始逐步配备 3D 摄像头，3D 传感器将会进一步普及，或逐渐成为智能手机的标准配置。

以指纹和人脸为代表的新型生物特征识别技术应用逐渐成熟。从 2018 年开始，部分品牌开始使用人脸识别代替指纹识别，手机指纹识别技术的渗透率出现下降。但由于凭借成本、体验和速度方面的优势，未来一年指纹识别将仍是生物特征识别技术的主流。指纹识别依靠指纹识别传感器，包括传统指纹识别和屏下指纹两种模式。随着智能手机全面屏的发展，传统指纹识别将逐渐被淘汰；未来在生物特征识别领域将是屏下指纹技术与人脸识别技术的较量。

声纹识别的大规模普及还有赖于语音识别技术和体验的提升。声纹识别依靠手机麦克风捕捉可用电声学仪器显示的携带言语信息的声波频谱模型，根据语音波形实现身份判定。目前市面上已经出现了一些支持声纹解锁的手机，但由于其技术尚未完全成熟，存在复杂环境识别准确率较低，或需要佩戴专用耳机等影响用户体验的问题，因此在手机中的普及度还较低。

（三）端侧 AI 框架和算法迭代创新，提供应用加速能力

1. AI 计算框架

AI 计算框架从线上为主线线下为辅模式, 逐渐向线上线下云-端协同转变。移动端 AI 应用主要通过线上 (Online) 和线下 (Offline) 两种模式来使用深度学习框架。线上模式采用在移动端做初步预处理, 把数据上传云端服务器执行深度学习运算, 其优点是部署过程简单, 对现有框架封装即可直接使用, 缺点是使用时必须联网。线下模式则采用服务器端训练, 手机端推断的过程, 部署上有一定工作量, 但无网情况下也可进行本地运算。随着移动设备的广泛普及与应用, 在移动设备上使用深度学习技术的需求开始涌现。线上与线下并存的 AI 计算框架模式逐渐代替单一的线上处理模式, 成为终端 AI 计算框架的主流趋势。

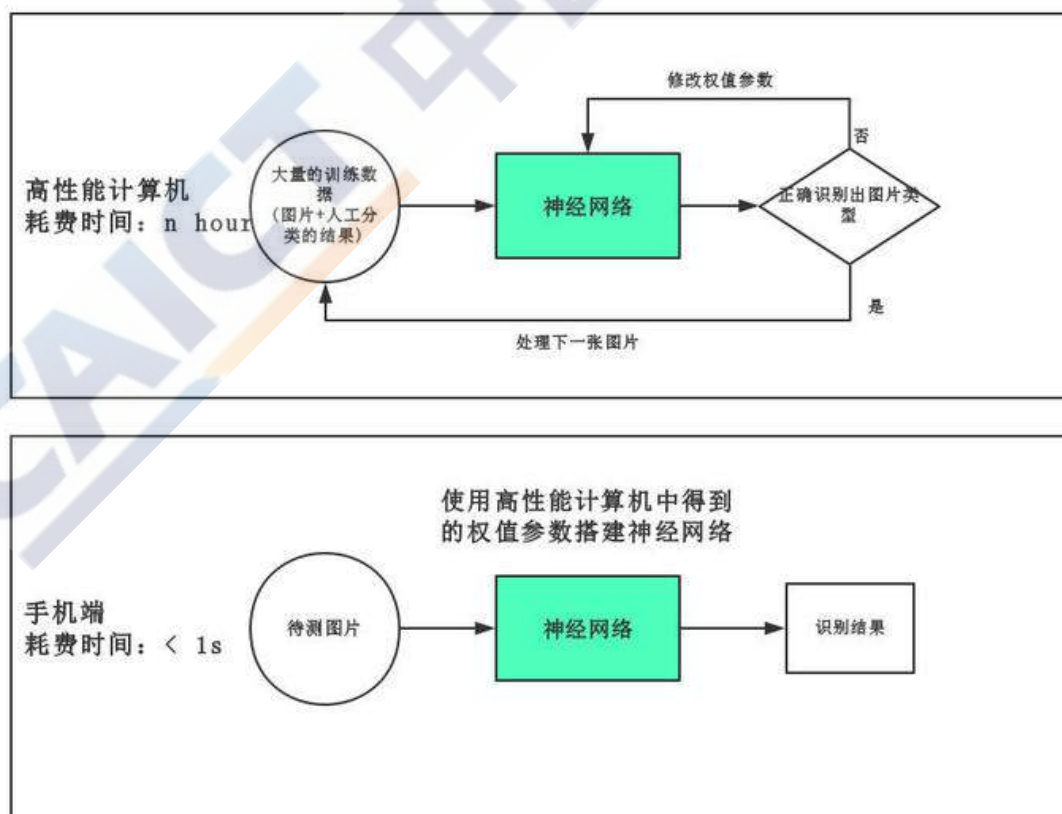


图 5 云端训练过程与端侧 AI 系统架构

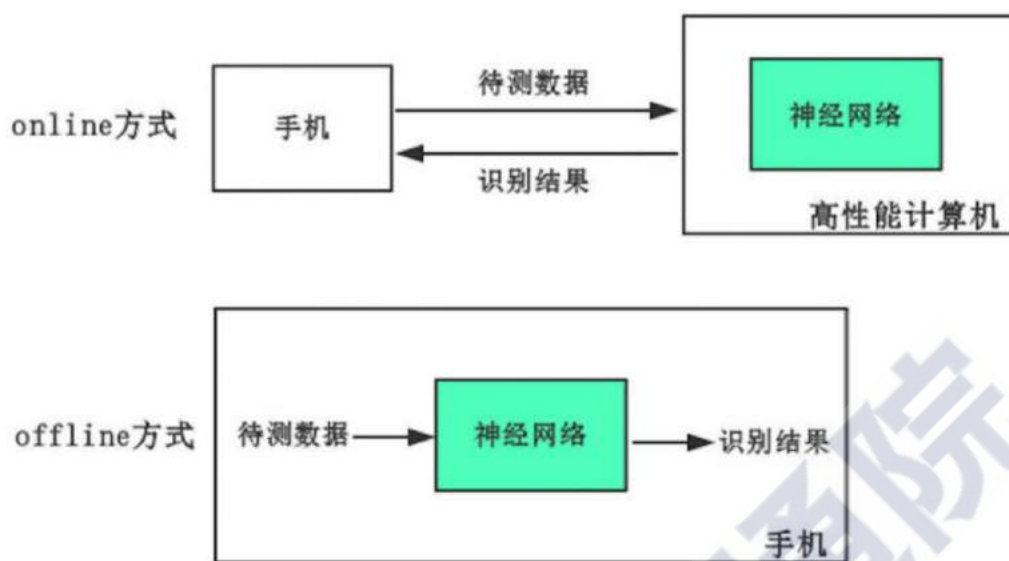


图 6 端侧 AI 处理的线上与线下模式比对

终端 AI 计算框架未来发展趋势中的重要一环是解决碎片化问题。人工智能是一个系统的工程，无论是想赋能还是推动产业发展，生态体系的建设必不可少。目前的 AI 训练模型需要经过压缩和优化才能运用到手机上，而且每个平台都有各自模型要求，导致兼容性较差。正如安卓生态的碎片化问题一样，AI 算法框架的碎片化问题降低了开发者的开发效率，影响了用户的使用体验，阻碍了产业的创新与发展进程。因此，解决应用开发平台和模型碎片化将是端侧 AI 框架发展的当务之急和努力方向。

2. AI 算法

图像和语音是当前人工智能与手机融合应用的两类主要领域，本白皮书将从图像算法和语音算法两个层面进行阐述。

图像算法遵从统计（或决策理论）法，结构（或句法）方法和神经网络法三种的演进过程。统计法是较早用于图像识别的一种算法，以数学上的决策理论为基础，其基本模型是对研究目标进行大量统计

分析，找出规律性认识，提出反应图像本质特点的特征进行识别。统计法忽略了图像中被识别对象的空间关系，所以当被识别物体的结构特征为主要特征时，会较难识别。句法识别的出现是对统计识别的补充，用符号描述对象特征。其模仿语言学中句法的层次结构，采用分层描述法，把复杂图像分解为单层或多层的简单子图像，主要突出识别对象的结构信息。

随着人工智能的兴起，近年来的图像算法多采用神经网络方法实现，且将在近几年内继续处于主导地位。神经网络算法是由大量神经元连接形成复杂的网络系统。如果说传统的符号处理算法侧重模拟人的逻辑思维，神经网络则侧重模拟和实现人类认知过程中的感知过程、形象思维、分布式记忆和自学习组织，与符号处理为互补关系。神经网络具有大规模并行、分布式存储和处理、自组织、自适应和自学习能力，非常适用于处理需要同时考虑多因素多条件的不精确和模糊信息处理问题。

端到端语音识别算法崭露头角。传统语音识别算法多采用多层感知机和隐马尔可夫共用的混合模型算法。2010 年，研究人员用深层神经网络替换掉了浅层神经网络，在混合模型的基本架构上增加了建模单元的数量，取得了识别效果上的突破。近年来，热度较高的端到端模型采用整体神经网络替换了原有的混合模型，不仅能改进模型的性能，也能带来更好的开发速度和简洁性。但该成果仍处于研究阶段，产品级应用大多依然延续混合模型算法。

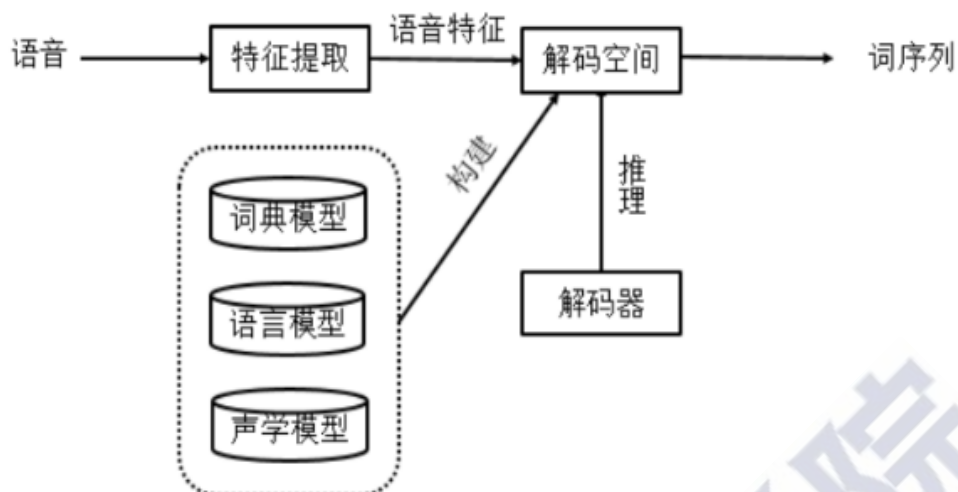


图 7 传统语音识别系统模块示意图

复杂环境下可靠性的提升是语音识别算法待解决的首要问题。语音识别算法的鲁棒性较差，对环境依赖较为严重。由于语音信号的多样性和复杂性，系统只能在一定限制条件下才能获得满意效果。目前业内普遍宣称的 97% 识别准确率，更多的是人工测评结果，只在安静室内的近场识别中才能实现，一旦进入嘈杂环境，识别率会下降很多。很多语音识别企业已经开始采用语音增强、麦克风阵列以及说话人分离等多项技术，进而提升复杂（噪音）环境下的识别准确率。语音识别算法还面临着灵活性较差，无法适应人类较为多变的语言表达方式、韵律信息、同音词和语音特征等其他问题。

（四）5G 网络技术逐步走向商用，极大拓展 AI 应用场景

2018 年 6 月 14 日，第一版本（R15）的 5G 核心网标准已在 SA 全会上批准冻结。随着 SA 5G 标准正式确立，城市规模组网试验的展开，5G 商用已经进入倒计时。2019 年 5G 产业配套将会逐步完备，2020 年开启全球商用。作为第五代移动通信技术，5G 具有大带宽、低延时、广连接的特点和优势，其三类典型应用场景（增强移动带宽 eMBB、

大规模机器类通信 mMTC、超高可靠超低时延通信 URLLC）可分别从数据、时效和算力上为人工智能技术提供更好的支撑基础，大幅促进其各类终端使用场景的落地和应用。

大规模机器类通信输入海量数据，增强设备智能化学习能力。对于人工智能来说，大量的学习和训练数据是其发挥机器学习的基础，数据量愈广泛，学习的程度就越深入，学习结果就越接近真实环境，越能够理解人类行为。5G 技术带来的超大联接能力，可收集来自通过智能家居等各类物联网终端传输的信息，创造出史无前例的大数据基础，让人工智能设备迅速从数据中积累和学习，理解情境，从而精准无误的完成任务。

超高可靠超低时延通信提升用户体验，丰富垂直应用场景。5G 带来的超低延时为通过手机直播、赛事观看、在线互动等手机端多媒体应用场景提供了良好的通道。尤其在用户密度大的区域，5G 可增强通信能力，实现无缝用户体验。借助 5G，终端人工智能将极大化拓展多媒体类应用场景：如高清视频直播加持 AI 图片识别，不但能提供高质量、高清晰度的画面，还可以让用户根据自己需求观赏不同角度和姿态的画面；AR（增强现实）、VR（虚拟现实）等全息类虚拟技术，也可以依托 5G，与终端和人工智能结合，拓展更多满足用户需求的垂直类应用场景。

增强移动带宽促进算力端化，推动端侧智能化进程。尽管人工智能的端侧承载能力已有所增强，目前大多数计算和训练过程仍位于云中；然而，越来越多的人工智能应用都需要在端侧完成数据处理，以

提升用户隐私安全和提升用户体验。5G 超强的网络能力，给人工智能提供了端侧与主机的高品质连接管道，在推动网络边缘计算能力提高的同时减少了对云的依赖。边缘计算也意味着一个终端设备能更好地了解自身的运行环境，有助其更好的理解用户需求。事实上，5G 的低延迟、大带宽和边缘计算能力最终将使设备能够直接通信并协同运行，形成 “群计算”。

5G 就如同一条“信息高速公路”，为庞大数据量和信息量的传递提供了高速传输通道；人工智能是云端大脑，依靠高速公路传来的信息学习和演化，完成整个机器智能化进程。5G 时代下，人工智能可以为用户提供更多拥有更快响应、更丰富内容、更智能认知的应用模式。可以说，5G 补齐了制约人工智能发展的短板，是驱动人工智能发展的新动力。人工智能赋予机器人类的智慧，二者相结合，会为整个社会生产方式的改进和生产力的发展带来前所未有的提升。

（五） AI 丰富智能手机应用场景，极大繁荣应用生态

1. 从应用角度

较为成熟的手机 AI 应用场景聚焦于智能拍照、人像美颜、图片管理、语音助手、智能翻译、语音搜索和增强现实类应用等。

智能拍照是在拍照过程中，通过检测图片中的目标，识别当前场景并自行调整参数，避免曝光、偏色等问题，还可根据用户需要进行背景虚化等调整。人像美颜是对人像进行美化的一种技术，包括面部分析、全局处理、局部精细化处理和美型等，从人种、性别、年龄、肤色、肤质等维度为用户提供个性化美颜。图片管理可对相册中的图

片进行自动分类，也可对图片进行后期优化，如在不产生噪点的情况下，将在暗光环境下拍摄的曝光不足的照片，修复成正常曝光状态的照片。

语音助手具备系统设置、智能提醒、调用第三方应用、控制周边其他智能设备、熄屏唤醒、语音搜索等功能。智能翻译通过选择语种转换，即可进行语音转换。语音搜索首先将语音转化成文字，再做文本匹配和搜索。增强现实类应用主要在智能家居、电商购物、实景导航和一些游戏应用中异军突起。

2. 从资源管理角度

从操作系统层面看，通过内部资源智能感知功能，安卓手机的卡顿问题（APP 资源竞争、后台任务繁重、权限不合理设置、文件碎片化等引起）得到了有效缓解。手机厂商或通过记录用户习惯进行学习，预测用户使用 APP 的行为，标记优先级，降低冷启动概率；或改变安卓原理和机制，整理内存碎片、消除碎片文件，通过后台内存压缩、极速内存回收保证 CPU 的资源调用。

从芯片层面看，利用芯片层系统管理和优化，可优化系统运行速度并延长电池寿命；通过在性能核心与能效核心之间合理分配任务，智能地管理芯片的性能，可给用户带来直观的体验提升。华为海思麒麟 970 处理器，利用 NPU 专门处理机器学习相关的运算，采用 HiAI 移动计算架构，可根据使用状态智能管理和平衡处理器的性能，达到快速运算且省电的目的。

三、AI 对全球智能手机产业链的影响

（一）手机芯片产业

人工智能驱动移动芯片产业创新。时至今日，摩尔定律遇到了技术和经济上的双重瓶颈，处理器性能的增长速度越来越慢，然而在移动应用、大数据、人工智能等新的应用兴起后，对于计算能力、计算功耗和计算成本的需求并未减缓。据 Strategy Analytics 的数据显示，2018 年第一季度拥有 AI 能力的智能手机应用处理器市场份额同比增长近三倍。受益于 AI 带来的东风，苹果、海思、高通和三星等智能终端企业也在通过多种方式推动 AI 芯片市场的创新，如专用 AI IP 模块、DSP 与 GPU 的异构组合等。

人工智能拉动手机芯片市场增长。手机 AI 芯片在终端领域迅速渗透，产业规模将呈现快速扩张之势。从 2017 年开始，苹果、华为海思、高通、联发科等主要芯片厂商相继发布支持 AI 加速功能的新一代芯片，目前 AI 芯片逐渐向中端产品渗透。除了追求性能提升外，手机 AI 芯片也逐渐专注于特殊场景的优化。2017 年全球手机 AI 芯片市场规模 3.7 亿美元，占据全球 AI 芯片市场的 9.5%。预计 2022 年将达到 38 亿美元，年复合增长率达到 59%，未来五年有接近十倍的增长。

人工智能加剧手机芯片市场竞争。2017 年全球手机 AI 芯片市场规模 3.7 亿美元，发展空间巨大。手机 AI 芯片的迅猛增长之势，吸引了包括谷歌、Facebook、微软、亚马逊以及百度、阿里、腾讯在内的互联网巨头相继入局，加剧原有手机芯片市场竞争。在云端，Nvidia 的 GPU 芯片被广泛应用于深度神经网络的训练和推理；Google

TPU 通过云服务 Cloud TPU 的形式把 TPU 开放商用，处理能力达到 180 Tflop，提供 64 GB 的 HBM 内存，2400 Gbit/s 的存储带宽。三星、苹果、华为、高通、联发科等厂商纷纷推出 AI 芯片，并竞相推出升级产品。

传统芯片厂商发力人工智能巩固竞争优势，新晋厂商通过授权方式切入市场。手机芯片市场目前包括两类企业，一类是苹果、三星、华为这类采用芯片+整机垂直商业模式的厂商，另一类则是高通、联发科、展锐等独立芯片供应商。采用垂直商业模式厂商的芯片不对外发售，只服务于自身品牌的整机，性能针对自身软件做出了特殊优化，靠效率取胜。独立芯片供应商以相对更强的性能指标，来获得剩余厂商的市场份额。在 AI 加速芯片设计能力上有先发优势的企业（如寒武纪）一般通过 IP 授权的方式切入。

人工智能加速手机芯片实现先进工艺突破。手机 AI 产业链包括三大环节，分别是提供 AI 加速核的 IP 授权商、各种 AI 设计公司、以及晶圆代工企业。目前产业链环节各企业基本就位，IP 授权企业包括新思、Cadence、GUC、ARM；设计企业包括苹果、高通、联发科、海思；代工企业主要有台积电。由于手机空间有限，独立的 AI 芯片很难被手机厂采用。AI 芯片对单位能耗算力要求较高，一般采用 14nm/12nm/10nm 等先进工艺生产，台积电目前已实现 7nm AI 芯片量产。

（二）关键元器件产业

人工智能推动多种手机器件繁荣发展。除了手机处理器，AI 的

发展还带动了 GPU、FPGA、ASIC、DSP 等多种芯片发展，用于云端训练、云端推理、终端推理等不同环节。GPU 由大量核心组成的大规模并行计算架构，非常适合做并行计算，一般用于云端训练场景。AI 的发展，极大促进了 GPU 的出货增长。

FPGA 由于可编程、灵活、计算能力强等特点，被认为适用于人工智能推理阶段。2015 年 Intel 收购 FPGA 市场第二大企业 Altera，开始了 FPGA 在人工智能领域的应用热潮。全球科技巨头纷纷布局云端 FPGA 生态，国外包括亚马逊、微软都推出了基于 FPGA 的云计算服务，而国内包括腾讯云、阿里云均在 2017 年推出了基于 FPGA 的服务，百度大脑也使用了 FPGA 芯片。刚刚被 Xilinx 收购的中国企业深鉴科技也是基于 FPGA 来设计深度学习的加速器架构，可以灵活扩展用于服务器端和嵌入式端。

近年来，越来越多的公司开始采用 ASIC 芯片进行深度学习算法加速，其中表现最为突出的是 Google 的 TPU。国内企业寒武纪开发的 Cambricon 系列芯片受到广泛关注，目前已经应用于华为的麒麟 980 处理器中，在 AI 任务下比其正常 CPU 内核的速度快 25 倍，在能效比上更是达到了 CPU 的 50 倍，GPU 的 6.25 倍。

DSP 具有高速、灵活、体积小、低功耗、可编程的特点，被用在手机和摄像头中，目前应用于 AI 领域的 DSP 主要用于处理视觉系统如图像、视频等方面的任务。移动终端领域 DSP 中加入了专为深度神经网络定制的加速部件，如矩阵乘和累加器、全连接的激活层和池化层等。

人工智能推动传感器件的智能化发展。随着人工智能的兴起，对智能终端与环境感知交互的能力要求也日渐提升。为了满足各类人工智能应用的场景需求，人机交互已从最初的按键输入/屏幕输出的单一方式，已转变成语音为主、图像视频（摄像头采集）为辅的多媒体富信息交互模式。3D 智能摄像头、各类生物（指纹、虹膜等）传感器的孕育而生，开启了传感类元器件向智能化方向的转变。将人工智能和智能传感器在一个共生系统中完美结合，将为手机厂商和终端用户打开一片前所未有的新天地。

（三）手机软件产业

操作系统厂商将 AI 作为战略转型重点，推动手机操作系统厂商作出重要战略转型。操作系统加持 AI，可以实现一定的认知功能，使操作系统发展成为智能助理和电子顾问。基于神经网络的操作系统，具备了工作记忆、预测、情境启动、抽象、分类等弱人工智能功能，使操作系统高效工作，人与操作系统的交互更加自然便捷。目前，谷歌、微软等操作系统厂商均将 AI 作为未来战略重点。许多基于人工智能的操作系统项目正在研究推进，苹果 Siri、Google Now、微软小娜、三星 Galaxy AIUX、荣耀 Magic 等，应用自然语言处理、深度学习算法等实现语音交互、拍照优化、增强操作系统流畅度等功能。

操作系统整合移动端 AI 算法框架助力 AI 向终端侧发展。近两年，各大厂商纷纷推出轻量化的 AI 算法框架，适用于部署在手机等轻量级硬件平台上，包括谷歌的 Tensorflow lite、Facebook 的 Caffe2、苹果的 Core ML、XMART LABS 的 Bender、百度的 Mobile Deep Learning

library 等。此外，Google 开源了专为移动端优化的 MobileNets 模型，Face++ 提出了适合移动端的 ShuffleNet 模型，这些使得移动端模型大为丰富。AI 算法框架运行于操作系统之上，通过 API 接口进行模型调用实现 AI 在终端上的快捷部署，实现手机 APP 图像识别、自然语言处理等各种功能。

人工智能推动面向手机应用和系统优化算法演进。一是人机语音交互，苹果 Siri、Google Now、微软小冰等应用自然语言处理、深度学习算法等实现语音交互；二是拍照优化，通过虚化、图像处理等算法和海量数据训练，让手机替代人类进行专业摄影知识的学习；三是身份认证，基于深度学习算法和海量数据训练，准确识别生物属性，可以应用于智能客服、身份验证、内容审核等场景；四是系统优化，终端能耗智能管理方面，通过在操作系统中加入自适应电池（Adaptive Battery）功能，减少 CPU 负担，并提供贴合用户使用习惯的“自动亮度”功能，实现节能；解决卡顿方面，通过在系统中加入 AI 算法，学习用户习惯，预测用户使用 APP 的行为，实现资源智能分配。

人工智能推动终端侧深度学习算法框架开源。基于深度学习的推断的计算量相对训练过程小很多，但仍涉及到大量的矩阵卷积、非线性变换等运算，为了满足在终端侧限定设备性能及功耗等因素的场景，业界开发了众多终端侧软件框架，包括最早出现的终端侧推断软件框架 Caffe2go、可以运行在 Android 和 iOS 平台的 TensorFlow Lite，这些框架可助力移动平台实现较为高效的 AI 移动端应用速度，

以及优化拍照、语音等应用。手机 AI 平台的终极竞争是生态，通过开放 AI 能力聚拢上下游产业链是大势所趋，因此以上深度学习框架均采用开源模式。

四、我国智能手机 AI 技术与应用发展情况

（一）我国终端产业对 AI 技术的应用已较为成熟

我国在传统芯片领域起步略晚，然而在智能芯片这个新兴市场却布局较早。2018 年 5 月，中科院旗下的寒武纪科技公司在上海召开的全球新一代人工智能芯片发布会上发布了我国研发的多个最新一代终端 IP 产品——采用 7nm 工艺的终端芯片 Cambricon 1M、首款云端智能芯片 MLU100 及搭载了 MLU100 的云端智能处理计算卡，其中云端芯片理论峰值速度达每秒 128 万亿次定点运算。2018 年 8 月，华为率先发布全球首款基于 7 纳米技术打造的手机芯片麒麟 980，其集成 69 亿晶体管，实现了性能与能效的全面提升，在 CPU、GPU、AI 等性能以及能效领先幅度超过 30%。百度、地平线、云知声、深鉴科技等互联网企业，也纷纷推出了基于神经网络、或自研 AI 架构的 IP、FPGA、ASIC 等产品，覆盖图像、语音和自动驾驶等多个领域和场景的 AI 芯片。

我国人工智能算法研究能力已较为雄厚。中国学者在发表 AI 学术论文、申请专利和参加国际竞赛方面成果斐然。Elsevier 的 SCOPUS 数据库中的数据显示，2011~2015 年，中国学者在 AI 领域出版的论文数量排名世界第一，创下了超过 4.1 万个出版物的记录。自 2016 年以来的论文发表数量仍继续上升，并且华人学者在顶级国际学术会

议中担任重要角色的比率也越来越高。中国研究人员发起的专利申请，近年来也上涨了两倍。在近 3 年的 ILSVRC 视觉识别竞赛中，中国团队获得冠军的比率也越来越高。在 2017 年度 ILSVRC 竞赛上，来自中国大学和企业的 AI 团队将各项比赛第一名全部包揽，而且参赛的 27 个队伍，其中超过一半来自中国。这些成就表明我国在 AI 算法研究方面有较大潜力，影响力扩大到全球。

我国手机产业在生态落地、场景应用方面能力已位居世界前列。AI 算法的突破和核心芯片研发的推进，为人工智能在产业应用打下了坚实的基础。百度于 2016 年开源了 PaddlePaddle 深度学习平台，是国际上继 Google、Facebook、IBM 后第一家将人工智能技术开源的中国公司。科大讯飞在感知智能、认知智能以及两者的深度结合等领域均有所涉猎，并在多项国际高水平语音赛事中取得过成绩。此外，AI 领域的创业公司，如旷视科技、商汤科技、云知声、思必驰等，聚焦在深度学习最擅长的视觉识别和语音识别领域，推动中国相关领域的技术水平提升。在场景应用方面，我国终端厂商和移动开发者更是紧跟 AI 的浪潮，将智能助手、智能拍照、智能家居等一系列接地气的智能化场景引入用户生活的方方面面，引领了终端产业智能化应用落地的发展方向。

（二）手机厂商加快 AI 技术布局

从中国畅销手机 TOP50 人工智能机型数量来看，2018 年支持 AI 应用的手机大幅攀升，数量已超过非人工智能手机。国内的主流手机厂商均已发力手机人工智能，从芯片、到系统、到应用等多场景切入。

华为采用芯片+应用模式，软硬结合双管齐下，打造手机全产业链 AI 化；OPPO 则发力图像处理，主打拍照美颜应用；vivo 以 Jovi 智能助手为入口的人工智能手机场景化体验；小米则围绕核心业务打造 AI 技术，落地智能产品。

（三）算法企业深化手机场景能力

我国机器视觉算法企业研发和产业化能力快速提升。商汤、云从、依图、旷视等代表性企业已经开发一批业内领先的机器视觉算法、产品及解决方案，行业内多家企业已经开始了“算法+芯片”的尝试。例如商汤科技围绕移动终端和物联网产品，将机器学习模型和算法，与高通的骁龙芯片结合起来，在创新视觉和基于摄像头的图像处理方面开展研究。百度与美国英伟达公司达成战略合作，结合百度算法和英伟达 GPU 芯片共同研发无人驾驶技术。

目前，以互联网企业为代表，构建 AI 手机生态为目的，已涌现了一批国产框架。NCNN 是腾讯开源的终端侧 AI 软件框架，支持不同软件框架搭建的模型进行相互转换，主要面向 CPU 的 AI 模型应用，是国内目前较为广泛使用的终端侧 AI 软件框架；Paddle-mobile 是百度自研的移动端深度学习软件框架，支持 iOS GPU 计算。虽然行业巨头纷纷推出了基于自身技术体系的训练及推断软件框架，但由于产业生态尚未形成，深度学习模型表示及存储尚未统一，训练软件框架及推断软件框架尚未形成一一对应关系，技术生态争夺将继续进行。

五、面临的问题与挑战

（一）底层技术创新和生态建设布局有所不足

从产业布局来看，我国在平台和芯片（MEMS 芯片、模组等）方面有较大差距。以人工智能发展较快的美国为例，人工智能基础技术（包含基础算法、处理器/芯片）的企业数量方面，中国拥有 14 家，美国 33 家，中国仅为美国的 42%。软件算法层（自然语言处理/计算机视觉与图像/技术平台）的企业数量方面，中国拥有 273 家，美国拥有 586 家，中国为美国的 46%。尤其是平台层，人工智能的常见开发框架包括谷歌的 TensorFlow、Facebook 的 Torch、Microsoft 的 CNTK 以及 IBM 的 SystemML，均来自于美国。

从企业来看，我国人工智能企业与美国相比布局不足、能力较弱。美国巨头呈现出全产业布局的特征，包括硬件层、软件算法层、应用层均有布局。谷歌、微软、亚马逊、Facebook 等美国人工智能领先企业在云侧、端侧和人工智能元器件等领域均有布局，并通过平台化、开源化等方式积极抢占生态主动权。而中国企业主要集中在应用侧，仅有少量企业在硬件层和软件平台中有所突破。

从终端硬件层面看，我国人工智能技术仍需深耕，尚待突破。当下流行的生物识别技术在解锁场景的基于超声波的屏下指纹技术，由于需搭载柔性 OLED 屏幕，还需继续改进；国内手机 AI 芯片技术有可能在发布时性能领先国外厂商数月，但优势很快就随新品迭代消失，大体处于持平状态，还需持续提升各方面性能和工艺。

（二）手机智能化能力标准与规范尚需完善

一是 AI 手机标准化工作亟待推进。有些移动手机会夸大其效果，

将仅仅具备这些单一功能的手机称为“AI 手机”，而使用体验上相较智能手机并未有较大提升。同时，由于不同 AI 芯片设计形态和自身性能的不同，在不同 AI 应用的加速上效果会不同，会导致不同 AI 手机的能力参差不齐。人工智能模型构造、算法选择的不同也将导致人工智能应用的能力程度有所差异。为更好的区分什么是 AI 手机，更好展现 AI 强大的处理能力和主动学习能力，明确 AI 手机具备的应用和功能，亟需推出一套切实可行的 AI 手机标准指南。

二是智能产品评测指标与方法不统一，结果一致性问题凸显。现阶段的人工智能仍处于弱 AI 阶段，新硬件、新算法、新场景和新架构层出不穷。企业大力宣传产品“智能”的情况下，其智能水平却缺乏量化评价方法。智能产品功能要求、性能指标不一，测试方法千差万别，导致结果一致性差，参考意义不大，降低用户体验等问题层出不穷。移动智能手机的 AI 化还需要依托整个产品生态的发展与完善，AI 手机标准指南的制定将会推动 AI 移动智能手机产业的良性发展。

（三）手机与 AI 的结合带来安全与监管新挑战

人工智能技术的普及，将会使人工智能产品面临来自多个方面的威胁。人工智能安全问题可大致划分为算法、数据、模型和生物识别四个维度。

算法面临的主要威胁是算法在实现过程中缺乏对安全性的考虑。算法设计阶段对采集数据的假定往往是正面意图，如高准确率的语音识别中的输入都是自然采集而成，图片识别中的输入也都来自正常拍摄的照片。算法层的讨论没有考虑人为恶意构造或合成的场景，没有

考虑输入会导致程序崩溃甚至被攻击者劫持控制流。这其中被忽略掉的输出结果反映出算法和实现上考虑问题的差距，也就是目前人工智能讨论中的安全盲点。

隐私问题是数据资源开发利用中的主要威胁之一，在人工智能应用中必然也存在隐私侵犯风险。人工智能中云计算、大数据、传感器等技术的广泛应用，成为新一轮人工智能发展的重要特征。随着各类数据采集设施的广泛使用，智能技术的使用就意味着智能系统掌握了个人的大量信息。这些数据如果使用得当，可以提升人类的生活质量，但如果出于商业目的非法使用某些私人信息，就会造成隐私侵犯。如何规范隐私保护是需要与技术应用同步考虑的一个问题。

训练模型方面，包括深度学习框架中对抗机器学习的恶意样本生成、训练数据的污染等等。这些威胁可能导致人工智能所驱动的认识系统出现混乱，形成误判或漏判，甚至导致系统崩溃或被劫持，并可以使智能设备变成僵尸攻击工具。在常用的TensorFlow、Caffe、Torch等人工智能框架中，训练模型仍存在许多待解决的安全漏洞，包括数据中毒攻击（引入导致学习系统出错的训练数据），对抗性样本等。

针对生物识别系统进行的攻击随着生物识别系统的兴起成为又一安全薄弱地。大多数生物识别系统允许客户的配置文件随着时间的推移适应自然变化，随着用户面部特征的微小改变，面部识别软件内的用户数据会随之更新。攻击者利用这种适应性，通过向传感器呈现一系列虚假的生物特征，逐渐更新储存的个人资料，直到完全替换为另一个，最终允许他人冒充用户解锁客户端。

政府有关部门和行业监管机构应增强监督管理举措，相关企业重视安全技术问题，广大用户提升智能安全使用意识，将安全问题防范于未然。上述种种安全问题亟需政府或行业出台相关的监管政策，监督从终端生产者、到渠道销售者、到内容提供商的一系列相关行为，如内容审核机制、终端操作系统和软件层面的用户信息窃取行为检测、应用软件恶意攻击保护平台等，用以保护用户的使用安全和个人隐私数据不受侵犯，也给人工智能提供一个更安全、更广阔的平台，使其更好地赋能于手机产业，带来智能化的革命性转变。

六、未来发展与展望

（一）AI 芯片开始从高端向中低端普及

与 2017 年只有少数 AI 芯片运用到高端手机的情况相比，2018 年在手机市场不仅有了海思麒麟 980、高通骁龙 855、三星 Exynos 9810 等运用在高端手机的 AI 芯片，也有了联发科 P60、P22 和高通骁龙 450 等中低端手机的 AI 芯片。高通推出的在手机上运行神经元网络的骁龙神经元处理引擎 (Snapdragon Neural Processor Engine, SNPE)，SNPE 不仅支持骁龙 800 系列芯片，也支持部分骁龙 600 系列芯片和骁龙 400 系列芯片。联发科也推出 NeuroPilot 平台，通过整合硬件 (AI 处理器) 及软件的方式让搭载联发科芯片的产品具备 AI 能力。

（二）算力、通信等基础能力提升，打造 AI 终端生态体系

作为人工智能设备的核心引擎，未来芯片将向针对特定使用场景服务的专用芯片演化，在提高计算能力的前提下，定制与行业相关的

深度学习算法，兼备高性能、低功耗等优势，通过产品化实现持续更新迭代并降低成本，推动人工智能基础服务的普及。

5G 通信技术借助自身速率高、时延低、覆盖广的特性，为人工智能带来了更为丰富的使用场景。届时各种智能终端、可穿戴设备可以实现同领域内高速联结，不同行业之间无缝对接，从而形成遍布各地的“网络神经末梢”，扩大人工智能基础服务的应用范围。

前沿技术带来的基础能力提升，促进人工智能场景丰富化，移动终端形态多样化，二者结合后的应用范围也将从目前的单点、单功效、割裂型使用，逐渐形成网状、复合型、整体化的生态化体系。

（三）AI 终端多领域融合，向垂直行业渗透

目前 AI 终端上的应用主要停留在面向终端用户的个性化功能体验；随着 AI 逐渐被社会关注和认同，AI 移动智能终端将深入影响各行各业。如在医疗行业，智能终端可利用 AI 功能记录患者身体机能参数，并通过对过往病例和身体监控大数据预测病人发病的概率、时机，并给出相应的诊断；教育行业，AI 智能终端可以变成虚拟导师，记录学生的平时表现，智能打分，综合评定其素质发展能力；汽车行业，在 L5 级自动驾驶模式下，车载终端将充当驾驶员，从行车控制到车载娱乐，为行车模式带来巨大改变。法律行业，带有 NLP 功能的智能终端可以再几分钟内总结成千上万页的法律文件，快速梳理现有资料，并通过对过往案件数据的分析学习，实现智能审判。在垂直领域的探索 and 发现，将为 AI 移动智能终端产业带来全新的市场机遇。

（四）软件框架降低使用者技术门槛，扩展 AI 终端创新群体

对于大多数开发者而言，使用各类开源框架构建人工智能模型是耗时耗力的复杂过程，较高的技术门槛一定程度上阻碍了其创新发展的速度。谷歌在 2018 年初发布的 Cloud AutoML 服务，将实现人工智能开发过程中，机器学习的环节自动化、可视化，使开发者脱离代码进行上传图像、训练及管理模型等操作，其模型准确率与传统开源框架建模方法不相上下。百度的 EasyDL 产品，在没有机器学习相关知识的情况下，通过全程可视化操作，最快 15 分钟即可获取一个高精度模型，支持图像识别、文本分类以及声音分类等基础服务。

降低技术门槛将是 AI 开源框架的未来发展方向。轻量级、易使用的开源框架也更能适应端侧 AI 训练的场景，为 AI 终端的进一步普及提供强有力的技术支持，有助于优秀的创意更便捷地付诸实施，扩大部署范围，在人们生产生活地方方面面切实落地。

编制组人员名单

| | |
|-----|-----------------------|
| 曾晨曦 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 闻立群 | 中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所 |
| 张睿 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 王冲韵 | 中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所 |
| 陈磊 | 中国信息通信研究院信息化与工业化融合研究所 |
| 朱亮 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 国炜 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 谢谦 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 庞涛 | 中国电信股份有限公司广东研究院 |
| 张笛 | 中国电信股份有限公司广东研究院 |
| 胡越铭 | 中国电信天翼电信终端有限公司 |
| 赵龙 | 中国电信天翼电信终端有限公司 |
| 李煜光 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 傅山 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 郭琛 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 黄云霞 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 高立发 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 段虎才 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 李朋 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 葛涵涛 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 马霁阳 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 张丽静 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 刘毓炜 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 曹宇琼 | 维沃移动通信有限公司 |
| 林瑞杰 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 李传峰 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 侯海波 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |
| 张义 | 中国信息通信研究院泰尔终端实验室 |

中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62304633-2923

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn



中国人工智能产业发展联盟

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62304633-2923

传真：010-62304980

网址：www.aiiaorg.cn

